

DOCKET NO. 39-5461-2

774

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF:  
Takanobu KAMAKURA

SERIAL NUMBER: 08/578,980

FILED: December 27, 1995

FOR: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE



: GROUP ART UNIT: 2508  
: EXAMINER:

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

RECEIVED

JUN 26 1996

GROUP 2500

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	6-325713	December 27, 1994

A Certified copy of the corresponding Convention Application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
\_\_\_\_\_  
Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Robert F. Gnuse  
Registration Number 27,295

Fourth Floor  
1755 Jefferson Davis Highway  
Arlington, Virginia 22202  
(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220

(OSMMN 4/95)

61010,710V



日本特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1994年12月27日

出願番号

Application Number:

平成6年特許願第325713号

出願人

Applicant(s):

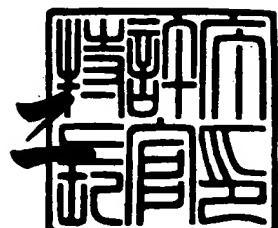
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1995年11月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

清川信



【書類名】 特許願

【整理番号】 09580501

【提出日】 平成 6年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/25

【発明の名称】 半導体発光装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝 堀  
川町工場内

【氏名】 鎌倉 孝信

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代表者】 佐藤 文夫

【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 一雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100073379

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 政光

【選任した代理人】

【識別番号】 100077609

【弁理士】

【氏名又は名称】 玉真正美

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005924

【包括委任状番号】 9004675

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光を生ずる活性層を 2 つのクラッド層で挟んだダブルヘテロ構造部と、前記ダブルヘテロ構造部を両側から挟むように形成される第 1 及び第 2 の電極と、

前記第 1 若しくは第 2 の電極と前記ダブルヘテロ構造部との間に設けられ、前記ダブルヘテロ構造部の物理的強度に比べてもろく形成された高密度転位導入層と、を備え、

前記高密度転移導入層によって、外部側から前記ダブルヘテロ構造部に向って進行する結晶欠陥を抑制する、

ことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】

前記高密度転位導入層と前記第 1 若しくは第 2 の電極との間に、電流拡散層及びバッファ層のうち少なくともいずれかが形成される、

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光装置。

【請求項 3】

前記高密度転位導入層は、格子定数が前記ダブルヘテロ構造部を構成する膜の格子定数よりも  $10^{-2}$  以上異なる材料によって形成される、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体発光装置。

【請求項 4】

前記高密度転位導入層は、In、Ga、Al、P、As のうちのいずれか 2 つ又はいずれか 3 つからなる、二元混晶又は三元結晶である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載された半導体発光装置。

【請求項 5】

前記高密度転位導入層は、 $10^4$  個/ $\text{cm}^2$  以上の転位が導入されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載のいずれか 1 つに記載された半導体発

装置。

【請求項 6】

前記高密度転位導入層は、 $10\text{ nm}$ 以上の膜厚に形成される、  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載された半導体発光装置

【請求項 7】

第 1 の機能を有する第 1 の層と第 2 の機能を有する第 2 の層との間に、前記第 2 の層よりも強度的にもろい第 3 の層を設け、

前記第 1 の層から前記第 2 の層に向って進行する結晶欠陥を、前記第 3 の層によって分散吸収して、前記第 2 層への前記結晶欠陥の進行を抑制する、  
ことを特徴とする半導体装置の信頼性の向上方法。

【請求項 8】

前記第 3 の層は、 $10^4$  個/ $\text{cm}^2$  以上の転位が導入され、 $10\text{ nm}$ 以上の膜厚に形成される、高密度転位導入層である、

ことを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置の信頼性の向上方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、半導体装置の改良に関し、特に、信頼性を向上した半導体発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の半導体発光装置の例を図 5 を参照して説明する。図中、11はn型-GaAs（ガリウム砒素）基板、12はn型-GaAsによるバッファ層、13はInAlP（インジウム・アルミニウム・リン）とGaAsの積層膜による反射層、14はn型-GaAsAlP層による下部クラッド層、15は非ドープInGaAlP（インジウム・ガリウム・アルミニウム・リン）層による活性層、16はp型-InGaAlP層からなる上部クラッド層、17はp型-AlGaAs層からなる電流拡散層、18はp型-GaAs層からなるコンタクト層、19

は第1の電極である上部電極、20は第2の電極である下部電極である。

#### 【0003】

バッファ層12は、基板表面の汚染などによる欠陥の発生、発光層への伝達を防止するためのものである。反射層13は、発光波長に対して光吸収体となる基板11やバッファ層12に光が達しないよう、発光を基板11と反対方向に反射する。このため、発光波長に対して屈折率 $n$ の異なる2種類の半導体層を所定の厚さで交互に積層する。下部クラッド層14は、活性層36に注入されたキャリアを活性層15内に閉めることにより高い発光効率を得る。活性層15は、 $In_{1-y}(Ga_{1-x}Al_x)Py$ からなり、その組成 $x$ ,  $y$ 及び秩序構造の状態によってエネルギーギャップが決まり、注入されたキャリアが発光再結合するとき、エネルギーギャップに対応する波長で発光する。上部クラッド層16は、下部クラッド層14と同様、活性層15に注入されたキャリアを活性層15内に閉めることにより、より高い発光効率を得る。電流拡散層17は、電極19によって光取出しができない電極直下以外へ電流を広げるためのものである。電流拡散層17は発光波長に対して吸収係数の十分小さい透明な材料からなる。コンタクト層18は、電極19に対するオーム接觸を容易にするための層である。例えば、p型のGaAsを用いることができる。上部電極19は、例えばAu/Znからなるp側電極であり、ペレットに電流注入を行うと共に、ワイヤボンディングのためのパッドとなる。電極19は、ペレット全体に電流を広げるのに有効であり、発光を遮断しないように考慮される。下部電極20は、例えば、Au/Geからなるn側電極であり、電流を排出する。

なお、InGaAlP系の材料からなる活性層をクラッド層で挟んだダブルヘテロ構造のLED(発光ダイオード)の種々の構造例が、例えば、特開平4-212479号公報に詳細に説明されている。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

InGaAlP系材料からなる活性層を有する半導体発光素子では、素子の信頼性を確保するために、結晶性の良いエピタキシャル成長を行うことを目的にエピタキシャル成長技術の改善が図られている。また、通電後の輝度低下を抑制す

る目的で樹脂応力の低いモールド材の選択等が行われている。

【0005】

しかしながら、エピタキシャル層全体の結晶欠陥を十分下げるには困難で、エピタキシャル層全体の結晶欠陥を基準に良品・不良品を区分けすると製造歩留まりが低下する。また、封止樹脂によって半導体発光素子をパッケージした後に低温および高温劣化試験を行なうと、不良品が発生する傾向がある。

【0006】

よって、本発明の半導体発光装置および半導体装置の信頼性の向上方法は、半導体発光素子等の信頼性を向上させること及び安価に提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため本発明の半導体発光装置は、発光を生ずる活性層を2つのクラッド層で挟んだダブルヘテロ構造部と、上記ダブルヘテロ構造部を両側から挟むように形成される第1及び第2の電極と、上記第1若しくは第2の電極と前記ダブルヘテロ構造部との間に設けられ、上記ダブルヘテロ構造部の物理的強度に比べてもろく形成された高密度転位導入層と、を備え、上記高密度転移導入層によって、外部側から前記ダブルヘテロ構造部に向って進行する結晶欠陥を抑制する、ことを特徴とする。

【0008】

また、本発明の半導体装置の信頼性の向上方法は、第1の機能を有する第1の層と第2の機能を有する第2の層との間に、上記第2の層よりも強度的にもろいあるいは柔らかい第3の層を設け、上記第1の層から上記第2の層に向って進行する結晶欠陥を、上記第3の層によって分散して、上記第2層への欠陥の進行を抑制する、ことを特徴とする。

【0009】

【作用】

例えば、InGaAlP系材料からなる活性層と、この活性層を両側から挟んで配置される一対のクラッド層と、からなるダブルヘテロ構造体を有する半導体

発光素子を作成する際のエピタキシャル成長において、ダブルヘテロ構造体の上部に高密度転位導入層を設ける。この転位導入層はダブルヘテロ構造体との格子定数が $10^{-2}$ 以上異なる材料であり、例えば、In、Ga、Al、P、Asからなる二元および／または三元混晶である。また、転位導入層には $10^4$ 個/cm<sup>2</sup>以上の転位が導入されている。また、転位導入層は10nm以上の膜厚で構成されている。

#### 【0010】

これにより、ボンディングダメージや封止樹脂の応力等によって外側の層に発生し、ダブルヘテロ構造体に向って進行する結晶欠陥がもろい転位導入層において分散されて、吸収されるようになるので、発光の役割を担うダブルヘテロ構造体への結晶欠陥の進行が阻止される。InGaAlP系材料等からなる半導体発光素子の信頼性を向上させる。また、歩留りが向上して半導体装置を安価に提供することが可能になる。

#### 【0011】

##### 【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は本発明による半導体発光素子の第1の実施例を概念的に示した図である。同図において図5と対応する部分には同一符号を付し、かかる部分の説明は省略する。

#### 【0012】

同図において半導体発光素子は、GaAs基板11と、この基板上に配置されたn型InGaAlPからなるNクラッド層14と、アンドープのInGaAlPからなる活性層15と、p型InGaAlPからなるPクラッド層16と、p型InGaAsからなる電流拡散層17とを備えている。そして、本発明の特徴である高密度転位導入層30をp型クラッド層16と電流拡散層17との間に設けている。電流拡散層17の上部には第1の電極19が設けられ、基板11の下部には第2の電極20が設けられている。

#### 【0013】

また、オーム接觸を良くするため第1の電極17と電流拡散層17との間にp型GaAs層18を挟んだり、輝度を増大させるためInAlPとGaAs

からなるプラグ反射層13を基板11とNクラッド層14との間に挟んだ構造等への変更ができる。

## 【0014】

図5に示した従来構造との違いは、p型クラッド層16と電流拡散層17との間に設けた、例えば、InPの二元混晶による膜厚50nmの高密度転位導入層30の存在である。

## 【0015】

図1に示される本発明に係る半導体発光素子は次の手順で製造することができる。

まず、発光素子を形成するため、通常のMO(有機金属)CVD装置を用いエピタキシャル成長を行う。キャリアガスのH<sub>2</sub>流量は101/min、各組成膜を形成するため、TMI(トリメチルインジウム)は0.5~0.8ccm、TMG(トリメチルガリウム)は20~400ccm、TMA(トリメチルアルミニウム)は10~300ccm、また、PH<sub>3</sub>を250~400ccm、AsH<sub>3</sub>を500~800ccm流し、基板温度720~870°Cで成長させる。n型層にはSiH<sub>4</sub>を10~15ccm、p型層にはDMZ(ジメチルジンク)を0.3~0.5ccm流しドーピングする。

## 【0016】

その後裏面ラップで基板11を薄くし、第1電極19および第2電極20の堆積を行った後、ウェーハをダイシングして、400×400μm<sup>2</sup>、高さ200μmのペレットを作り樹脂モールド(図示せず)した。

## 【0017】

この半導体発光素子に、I<sub>F</sub>=20mA(電圧~5V)の順方向電流を通電し初期の発光効率を求めた。さらに500時間後の発光効率を求め、両者の比較から劣化率として信頼性の良否を調べた。

## 【0018】

評価は、図5に示す従来の素子構造と図1に示す本発明の素子構造の二種類について、各50ヶの素子について、初期発光効率と500時間後の発光効率を調べた。高密度転位導入層にはInPを約50nm成長させた素子を用いた。

## 【0019】

図2は、500時間後の発光効率の変化を、初期効率／500時間後効率（残存率）で表したグラフである。図中の黒丸はサンプル50ヶの平均値を、エラーバーの両端はサンプルの最大値、最小値を示す。同図から分かるように、(口)の本発明に係る素子は、(イ)の従来素子構造よりも残存率が若干高く、また、バラツキが少ない。

## 【0020】

そこで、(イ)の従来素子構造で残存率の低かったサンプルをCL（カソードルミネッセンス）法で解析した。その結果、図3(b)に示すように、ダークラインと呼ばれる非発光性結晶欠陥40が、素子表面から、電流拡散層17のAlGaAsを横切り、InGaAlPからなるNクラッド層16、活性層15、Pクラッド層を貫いていることが判明した。なお、図3においては図1と対応する部分に同一符号を付している。

## 【0021】

この非発光性結晶欠陥40が発光層15を破壊したことで、残存率が低い、つまり、劣化したと考えられる。このダークラインは、図示しないボンディングした金線（ボンディングワイヤ）の接続点直下より発光層15に向かって伸びていることから、ワイヤボンディングの際のボンディングダメージが素子表面に導入され、その後、通電加熱と樹脂応力により成長し、内部に向かって進行して非発光性結晶欠陥40として発光層15を破壊したものと考えられる。

## 【0022】

しかしながら、(口)の本発明に係る素子を同様の手法で評価解析したところ、図3(a)に示すように、同じようにボンディングダメージが導入され、非発光性結晶欠陥40が見られたが、電流拡散層であるAlGaAs層17を通過後、本発明の特徴である高密度転位導入層30内で止まっている。約50nm成長させたInP層30の直下のInGaAlPからなる発光層15、クラッド層16には達していなかった。非発光性結晶欠陥40が発光層15、クラッド層16に達しなかったため、本発明に係る素子は、ボンディングダメージが入っても発光機能が劣化しなかったと考えられる。つまり、高密度転位導入層30が通電加

熱と樹脂応力による非発光性結晶欠陥40の進行を分散、吸収して、転位の新たな導入を防ぐ効果を有したと考えられる。図3(a)は、この高密度転位導入層30による二次生成転位の発光層15、クラッド層16への導入阻止の様子を模式的に示している。

#### 【0023】

上述した効果は、実施したInPの他、GaP、InGaP、InAlP、AlP、AlAsの二元混晶あるいは三元混晶についても見られたがInGaAsについては導入阻止の効果が十分ではなかった。この原因を探るため、各材料について、この材料と発光層～クラッド層であるInGaAlP層界面を断面TEMにより観察した。

#### 【0024】

この結果、高密度転位導入層30として導入したInGaAs層には十分転位が形成させておらず、ボンディングダメージによる二次生成転位を十分に分散しないため、その一部がクラッド層16のInGaAlPに入っていることが分かった。また、これら高密度転位の材料を挿入したことによる転位がこの材料側にのみ導入され、InGaAlP層側に導入されていない方が非発光性結晶欠陥40の導入阻止能力が高いことが分かった。

#### 【0025】

さらに、図4に示すように、断面TEM観察の結果から、この高密度転位導入層40の転位密度が、 $10^4$ 個/ $\text{cm}^2$ 以上の場合、転位導入阻止能力が高いこと、また、この転位を導入するために、隣接する層であるInGaAlPとの格子定数の差が $10^{-2}$ 以上であることが好ましいことや、高密度転位導入層30の膜厚が10nm以上であることが好ましいことも判明した。

#### 【0026】

図6は、他の実施例を示している。同図において図1と対応する部分には同一符号を付し、かかる部分の説明は省略する。

#### 【0027】

この例では、基板11が除かれている。そして、透明な電流拡散層17と上部クラッド層16との間に上部高密度転位導入層30aが形成される。また、透明

なバッファ層12と下部クラッド層14との間に下部高密度転位導入層30bが形成されている。

## 【0028】

このような構成とすることにより、ワイヤボンディングによるダメージ及び封止樹脂（図示せず）の熱膨張収縮の内部応力による、電流拡散層17及びバッファ層12に個別に生じた結晶欠陥のダブルヘテロ構造体への伸長を、夫々上部高密度転位導入層30a及び下部高密度転位導入層30bによって阻止することが可能となる。

このように、第1の機能を有する第1の膜と第2の機能を有する第2の膜との間に第3の膜を介在させ、第3の膜を、転位を高密度で含み、その結果、第2の膜よりも相対的にもろいあるいは柔らかい材質である高密度転位導入層で形成する。この構造によって、第1の膜から第2の膜に向って進行するダークライイン（非発光性結晶欠陥）を第3の膜で分散吸収し、結晶欠陥の拡大を抑制することが可能となる。

## 【0029】

なお、実施例はダブルヘテロ構造体であるが、勿論、シングルヘテロ構造体であっても本発明が適用できる。また、半導体装置において特定の機能を有する膜を結晶欠陥の浸入から防止するために、本発明を使用することが可能である。

## (実施例の効果)

InGaAlP系材料からなる活性層と、この活性層を両側から挟んで配置された一対のクラッド層からなるダブルヘテロ構造体を有する半導体発光素子を作成する際のエピタキシャル成長において、ダブルヘテロ構造体の上部に高密度転位導入層を設け、この転位導入層にダブルヘテロ構造体との格子定数が $10^{-2}$ 以上異なるIn、Ga、Al、P、Asからなる二元および／または三元混晶材料を用い、 $10^4$ ケ/cm<sup>2</sup>以上の転位を存在させることによって、ボンディングダメージ等による二次生成転位が発光素子に重要なInGaAlP系材料からなる活性層に入ることを防ぎ、非発光性結晶欠陥による劣化を予防することで、発光素子の信頼性、すなわち、寿命を向上させることができる。さらに、製造歩留まりが向上することで、市場に安価に半導体発光装置を提供することが可能とな

る。

【0030】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体発光装置及び半導体装置の信頼性の向上方法によれば、ある膜に発生した結晶欠陥が他の膜に伸長して入り込むことを抑制し、半導体（発光）装置の信頼性及び製造歩留りを向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例を示す図。

【図2】

本発明の実施例と従来例との性能の比較を示すグラフ。

【図3】

本発明の実施例による効果（図3（a））及び従来例の不具合（図3（b））を説明する図。

【図4】

高密度転移導入層の条件を示す説明するグラフ。

【図5】

従来例を示す図。

【図6】

本発明の他の実施例を示す図。

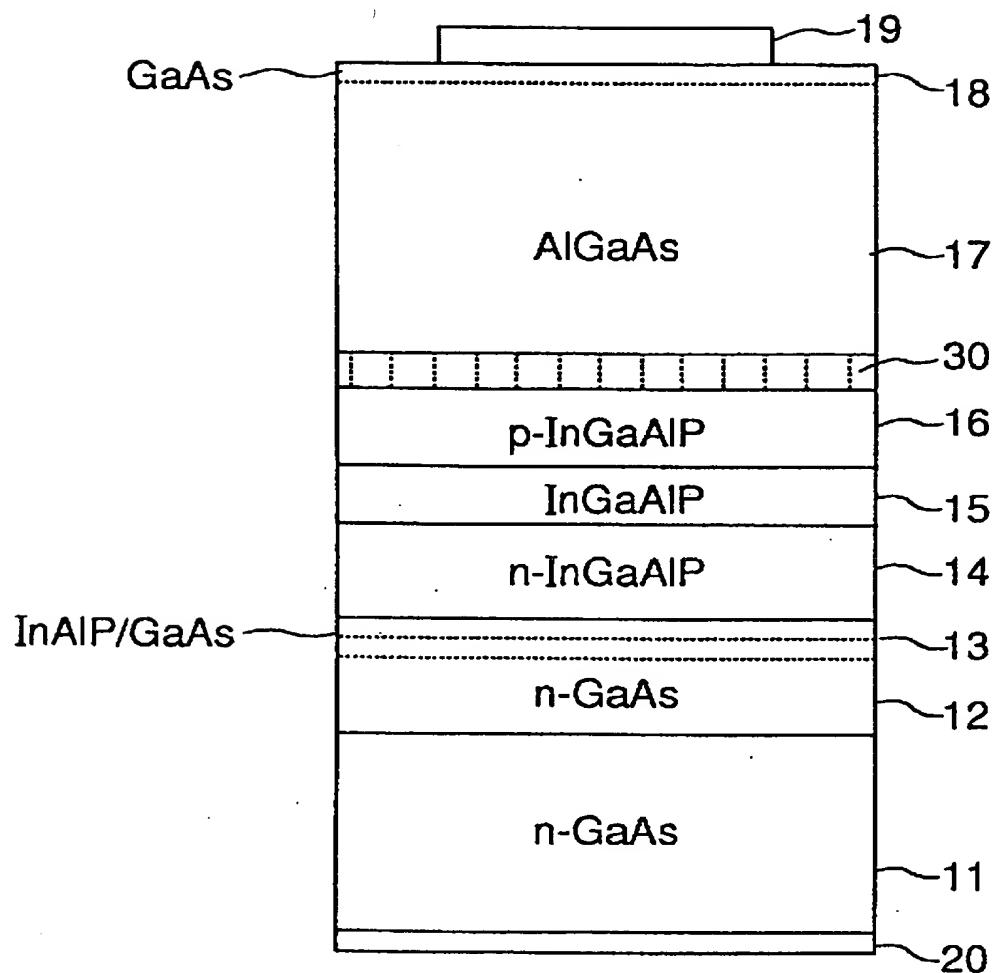
【符号の説明】

- 1 1 GaAs 基板
- 1 2 バッファ層
- 1 3 反射層
- 1 4 下部クラッド層
- 1 5 活性層
- 1 6 上部クラッド層
- 1 7 電流拡散層

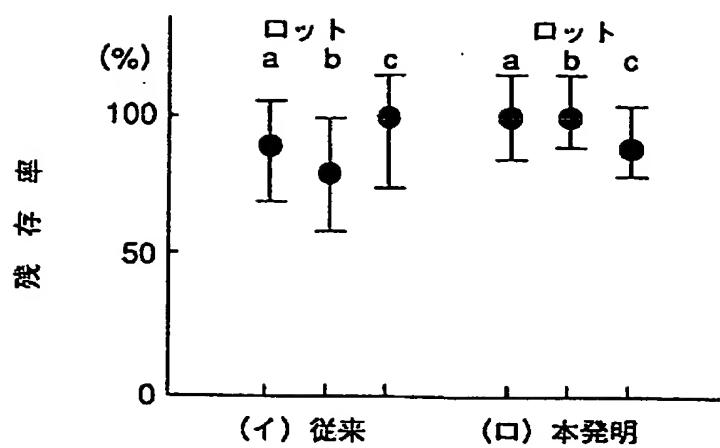
- 1 8 コンタクト層
- 1 9 第1の電極
- 2 0 第2の電極
- 3 0 高密度転位導入層
- 4 0 ダメージによる結晶欠陥

【書類名】 図面

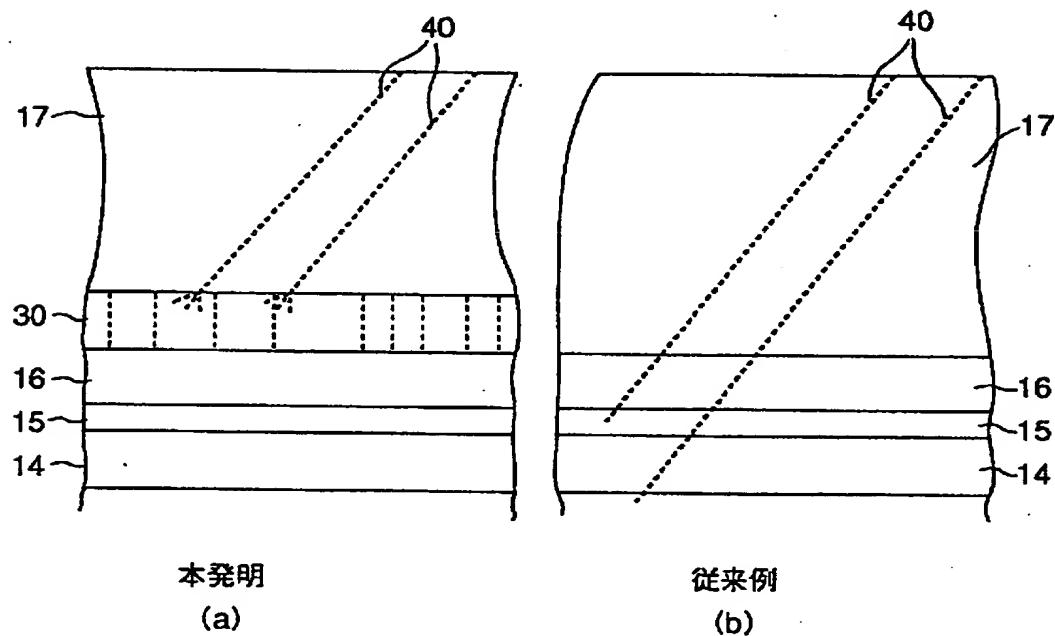
【図 1】



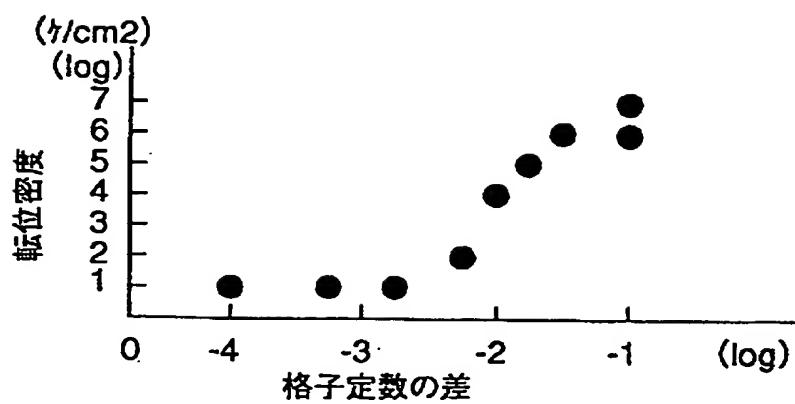
【図 2】



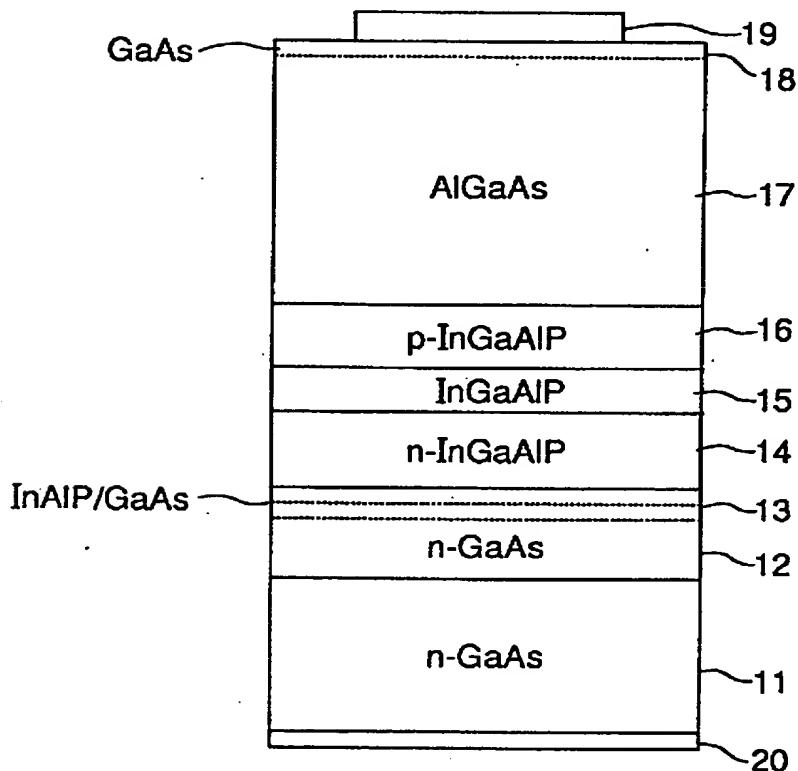
【図3】



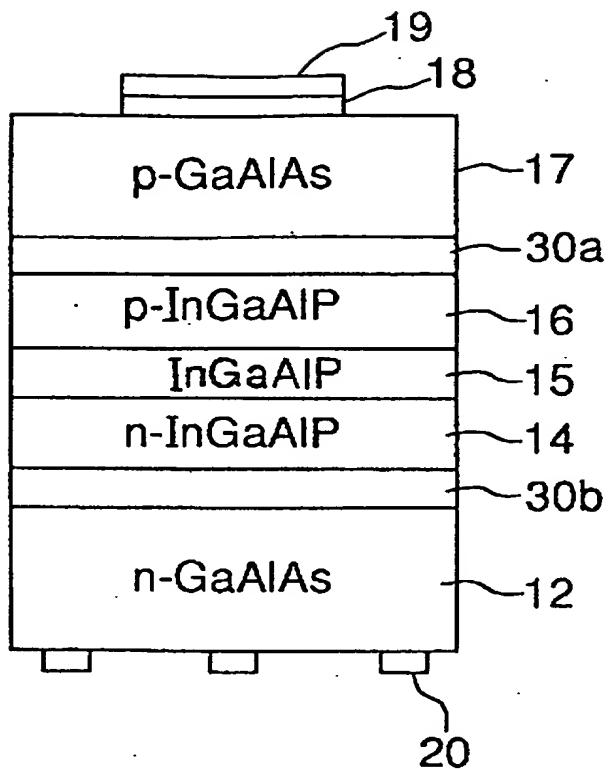
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 半導体発光装置の信頼性及び製造歩留りを向上する。

【構成】 発光を生ずる活性層(15)を2つのクラッド層(14,16)で挟んだダブルヘテロ構造部と、上記ダブルヘテロ構造部を両側から電流拡散層(17)を介して挟むように形成される第1及び第2の電極(19,20)と、上記第1若しくは第2の電極と前記ダブルヘテロ構造部との間に設けられ、上記ダブルヘテロ構造部の物理的強度に比べてもろく形成された高密度転位導入層(30)と、を備える。

【効果】 高密度転位導入層によって、ダメージによって電流拡散層に生じた結晶欠陥のダブルヘテロ構造部内への伸長が抑制される。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
 【訂正書類】 特許願

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003078  
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
 【氏名又は名称】 株式会社東芝  
 【代理人】 申請人  
 【識別番号】 100064285  
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル 協和  
 【氏名又は名称】 特許法律事務所内  
 佐藤 一雄  
 【選任した代理人】  
 【識別番号】 100073379  
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル 協和  
 【氏名又は名称】 特許法律事務所  
 佐藤 政光  
 【選任した代理人】  
 【識別番号】 100077609  
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル 協和  
 【氏名又は名称】 特許法律事務所  
 玉真 正美  
 【選任した代理人】  
 【識別番号】 100088889  
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 協和特許法  
 律事務所  
 【氏名又は名称】 橋谷 英俊

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝